



(19)

(11) Publication number: 2000061812 A

Generated Document

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(21) Application number: 10231956

(51) Intl. Cl.: B24B 37/00 H01L 21/304

(22) Application date: 18.08.98

(30) Priority:

(43) Date of application  
publication: 29.02.00(84) Designated  
contracting states:

(71) Applicant: NEC CORP

(72) Inventor: INABA SEIICHI  
KATSURAYAMA TAKAO  
TANAKA MORIMITSU

(74) Representative:

(54) POLISHING DEVICE AND  
POLISHING METHOD

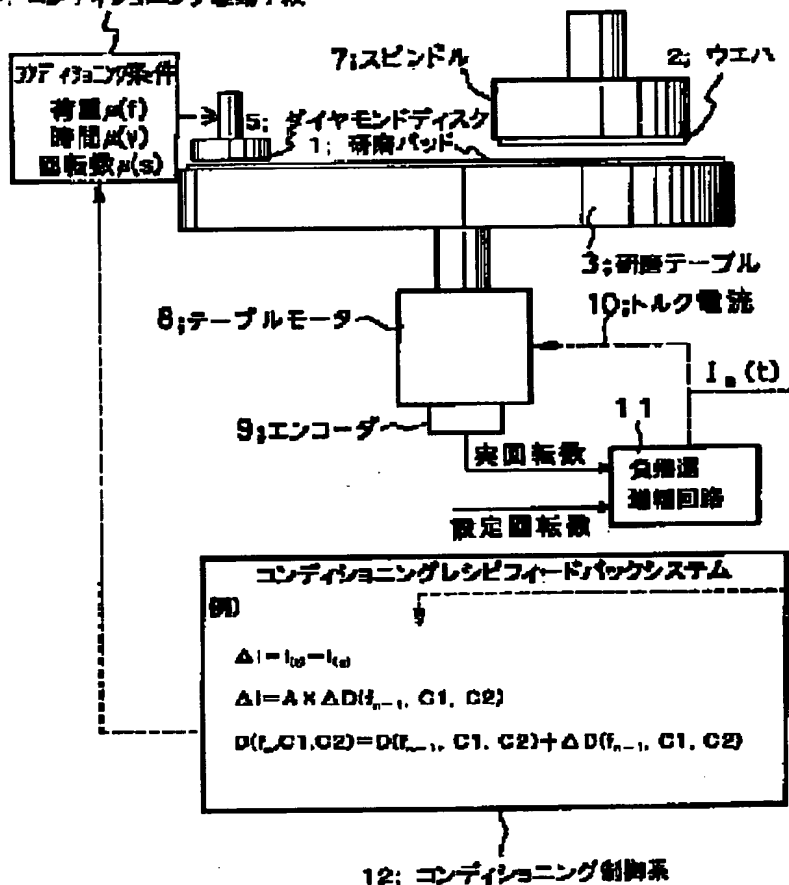
(57) Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a polishing device and a polishing method which can carry out stable polishing, irrespective of a kind of a workpiece to be polished, and aging effect of a polishing means.

**SOLUTION:** A polishing device is composed of a polishing pad 1 for polishing a wafer 2, a polishing table 3 to which the polishing pad 1 is applied, a table motor 8 for driving the polishing table 3, a conditioning means 5 for conditioning the polishing pad 1, simultaneously with the polishing of the wafer 2, and a conditioning control system 12 for setting a conditioning term during polishing. The conditioning term of the polishing pad 1 is set so that a torque current 10 which is proportional to a friction force between the polishing pad 1 and the wafer 2 become constant, thereby it is possible to stabilize the polishing speed.

COPYRIGHT: (C)2000,JPO

## 4: コンディショニング駆動手段



BEST AVAILABLE COPY

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11) 特許番号

特許第3031345号  
(P3031345)

(45) 発行日 平成12年 4月10日 (2000. 4. 10)

(24) 登録日 平成12年 2月10日 (2000. 2. 10)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

B 2 4 B 37/00

B 2 4 B 37/00

A

H 0 1 L 21/304

6 2 2

H 0 1 L 21/304

6 2 2 M

請求項の数12(全 11 頁)

(21) 出願番号 特願平10-231956

(22) 出願日 平成10年 8月18日 (1998. 8. 18)

(65) 公開番号 特開2000-61812(P2000-61812A)

(43) 公開日 平成12年 2月29日 (2000. 2. 29)

審査請求日 平成10年 8月18日 (1998. 8. 18)

特許法第30条第1項適用申請有り 1998年 2月19日に発行された論文集「1998 Proceedings Third International Chemical-Mechanical Planarization for ULSI Multi Level Interconnection Conference」に発表

(73) 特許権者 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目 7 番 1 号

(72) 発明者 稲森 和一

東京都港区芝五丁目 7 番 1 号 日本電気株式会社内

(72) 発明者 島山 貴生

東京都港区芝五丁目 7 番 1 号 日本電気株式会社内

(72) 発明者 田中 盛光

東京都港区芝五丁目 7 番 1 号 日本電気株式会社内

(74) 代理人 100080816

弁理士 加藤 朝道

審査官 鈴木 充

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 研磨装置及び研磨方法

1

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基板を研磨する研磨手段と、前記基板の研磨工程中に前記研磨手段をコンディショニングするコンディショニング手段と、前記基板の研磨中に前記研磨手段と該基板との間に作用する摩擦力に基づき、該基板の研磨工程中に前記コンディショニング手段を制御するコンディショニング制御系と、を有することを特徴とする研磨装置。

【請求項 2】 前記コンディショニング制御系は、前記摩擦力が一定となるように前記コンディショニング手段を制御することを特徴とする請求項 1 記載の研磨装置。

【請求項 3】 前記摩擦力を、前記研磨手段を駆動するトルク電流に応じたトルク電流信号からモニタすることを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の研磨装置。

【請求項 4】 前記コンディショニング制御系は、前記研

2

磨手段を駆動するトルク電流に応じたトルク電流信号に基づき、前記摩擦力が一定となるように、前記コンディショニング手段を制御することを特徴とする請求項 1 ～ 3 のいずれか一記載の研磨装置。

【請求項 5】 前記コンディショニング制御系は、前記研磨手段を駆動するトルク電流に応じたトルク電流信号が一定となるように、前記コンディショニング手段を制御することを特徴とする請求項 1 ～ 3 のいずれか一記載の研磨装置。

10 【請求項 6】 さらに、前記トルク電流信号を検出し、前記コンディショニング制御系に出力するトルク電流検出手段を有し、

前記コンディショニング制御系は、前記トルク電流検出手段から入力された検出信号に基づき、所定期間における前記トルク電流の積分値ないし総和が互いに一定とな

るように、コンディショニング条件を設定する設定手段を備えたことを特徴とする請求項4又は5記載の研磨装置。

【請求項7】前記コンディショニング制御系は、前記摩擦力が一定となるように、コンディショニング条件を設定する設定手段を備え、

前記設定手段が設定するコンディショニング条件は、前記コンディショニング手段が前記研磨手段に作用するコンディショニング荷重、前記研磨手段の回転数、前記コンディショニング手段の回転数、コンディショニング時間、研磨剤の供給量又は濃度、前記研磨手段上から研磨屑を吸引する強度、及び、前記コンディショニング手段の粗さ、の一種以上であることを特徴とする請求項1～6のいずれか一記載の研磨装置。

【請求項8】前記設定手段は、前記トルク電流信号の変化量と、現在のコンディショニング荷重と、に基づいて、次のコンディショニング荷重を設定することを特徴とする請求項7記載の研磨装置。

【請求項9】前記研磨手段は、研磨粒子又は屑を捕捉するトラップが形成される研磨パッドが貼着された研磨テーブルであり、

研磨開始から $t$ 時間経過後の前記摩擦係数 $\mu(t)$ と、研磨に寄与する有効スラリ濃度 $r(t)$ 、研磨パッド上の研磨に寄与する有効トラップ数 $n(t)$ 、トラップの有効深さ $h$ 及びトラップの有効幅 $x$ との間に下式の関係があり、前記コンディショニング制御系は、下式に基づき、「 $h \times x$ 」が一定となるようコンディショニング条件を設定することにより、前記摩擦係数 $\mu(t)$ を一定にすることを特徴とする請求項1～8いずれか一記載の研磨装置；

$$\mu(t) = r(t) \times n(t) \times h \times x,$$

但し、 $r(t) \times n(t)$ は研磨中にコンディショニングが行われることにより一定とされる値である。

【請求項10】基板の研磨中に該基板と研磨手段の間に作用する摩擦力を検出し、前記検出した摩擦力に基づいて設定されたコンディショニング条件に従って前記研磨工程中に前記研磨手段をコンディショニングすることを特徴とする研磨方法。

【請求項11】基板の研磨中に基板を研磨する研磨手段を駆動するためのトルク電流を検出し、前記トルク電流に基づいて設定されたコンディショニング条件に従って前記研磨工程中に前記研磨手段をコンディショニングすることを特徴とする研磨方法。

【請求項12】前記トルク電流の変化量と、現在のコンディショニング条件に基づいて、前記研磨工程中にコンディショニング条件を変更することを特徴とする請求項11記載の研磨方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は研磨装置及び研磨方法に関し、特に基板、中でも半導体基板を研磨するため

の研磨装置及びその研磨方法に関する。

【0002】

【従来の技術】図14(A)及び図14(B)に、従来のウエハ(基板)の研磨装置を示す。図14(A)及び図14(B)を参照して、従来の研磨装置によれば、回転する研磨テーブル3に貼着された研磨パッド1上にスラリ供給手段6から研磨剤を含むスラリが滴下され、スピンドル7により回転駆動されるウエハ2が研磨パッド1に押し付けられることにより、ウエハ2の研磨が行なわれる。また、研磨パッド1表面に形成されたトラップ(溝)に詰まった研磨屑などを除去するため、一般的には、研磨工程(ラン)と研磨工程(ラン)の合間に、コンディショニング駆動手段4に取り付けられたダイヤモンドディスク5を用いて、研磨パッド1のコンディショニング(これを「Ex-SITUコンディショニング」という)が行われる。

【0003】従来、コンディショニング条件は、製品となるウエハの研磨工程に先だって実行されるパイロット作業から求められている。すなわち、従来のコンディショニング条件設定方法によれば、コンディショニング時間を変えて多数のパイロット(ブランクのウエハ)を研磨し、所定時間研磨後のパイロットの厚さをそれぞれ測定し、パイロット厚さが設定した厚さとなったときのコンディショニング時間を、コンディショニング条件として採用している。同一ロット群、同一パターン群の研磨を行う場合においても、ロット数十枚毎にブランクウエハを用いたパイロット作業を行い、このパイロット作業の結果に基づきコンディショニング時間を決定している。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記従来の技術によれば以下の問題点がある。

【0005】第1の問題点は、研磨速度(研磨除去速度)の経時的な変動があり、ウエハが過剰に研磨されるおそれがあることである。

【0006】その理由は、研磨パッドの表面状態変化、ロット間のバラツキや研磨剤のバラツキなどの外乱によって、研磨条件が変動するためである。

【0007】第2の問題点は、コンディショニング条件の算出(レシピ作成)が複雑であることである。

【0008】その理由は、研磨パッドのへたり、目詰まりなどによる研磨効率低下の程度は、研磨対象の種類(膜種など)、ウエハに形成されたデバイスパターンによって変化するため、従来のコンディショニング設定方法によれば、性状の異なる部分毎にそれに応じたパイロット作業を行い、コンディショニングの条件出しをする必要があるためである。

【0009】本発明の目的は、研磨対象の相違や研磨手段の経時変化に拘わらず、安定した研磨を可能とする研磨装置及び研磨方法を提供することである。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明による研磨装置は、基板を研磨する研磨手段と、前記基板の研磨工程中に前記研磨手段をコンディショニングするコンディショニング手段と、前記基板の研磨中に前記研磨手段と該基板との間に作用する摩擦力に基づき、該基板の研磨工程中に前記コンディショニング手段を制御するコンディショニング制御系と、を有する。

【0011】本発明による研磨方法は、基板の研磨中に該基板と研磨手段の間に作用する摩擦力を検出し、前記検出した摩擦力に基づいて設定されたコンディショニング条件に従って前記研磨工程中に前記研磨手段をコンディショニングする。

【0012】本発明によれば、基板の研磨工程中に、研磨手段のコンディショニング条件を設定するための情報が得られるため、コンディショニング条件を得るためのパイロット作業をランの合間に実行しなくてもよい。また、本発明によれば、基板の性状（例えば、デバイスパターン、膜種）が部分的に異なる場合も、基板の研磨工程中に部分的な性状に応じた局所的情報が得られるため、この情報に基づき部分的に異なる最適なコンディショニング条件を設定することも容易である。

【0013】また、製品となる基板の研磨工程中に、研磨手段のコンディショニング条件を設定するための情報が得られ、これらの情報がコンディショニング制御系にフィードバックされるため、ロット間のバラツキや基板上のパターンの相違、及び研磨手段の経時変化などの外乱に対して、直ちに適切なコンディショニング条件が設定され、時間管理のみで十分な研磨速度及び総研磨量の安定化が図られる。

【0014】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の基礎をなす原理及び好ましい実施の形態を説明する。

【0015】本発明においては、研磨工程中、すなわち研磨と同時に進行で研磨手段のコンディショニングを行う「In-SITUコンディショニング」方式が用いられる。図2は、In-SITUコンディショニングによる研磨シーケンスを説明するための図である。図2を参照して、この研磨シーケンスによれば、単数又は複数の基板を研磨装置に装着してn-1回目のラン（研磨）を行うと同時に、研磨手段のコンディショニングを行う（ステップ201）。n-1回目のラン終了後、次の単数又は複数の基板を装着して、前回と同様に、n-1回目のラン（研磨）を行うと同時に、研磨手段のコンディショニングを行う（ステップ202）。

【0016】ここで、本発明者らが構築したIn-SITUコンディショニングモデル（研磨工程内コンディショニングモデル）を説明する前に、図1に示すような研磨装置（装置の詳細は実施例の欄で後述する）を用いて、研磨パッドにより、研磨中にコンディショニングを行わずにウ

エハを研磨し、研磨速度（除去速度）の経時変化を測定した結果を示す。この測定条件を下記に、測定結果を図3に示す。

【0017】研磨条件 {研磨荷重7 psi、研磨テーブル回転数20 rpm、スピンドル回転数20 rpm、スラリー流量100 cc/min、コンディショニング条件、研磨テーブル回転数20 rpm、コンディショニング時間2.2 sec×20 セクタ=44 sec、ダイヤモンドディスク4インチ-#100ダイヤモンド、スラリーSS-25：純水=1：1、研磨パッドIC-1000/Suba400、研磨ウエハ10000AP・TEOS膜}。

【0018】図3より、研磨速度は時間と共に徐々に低下していき、ある時間経過後は一定となる傾向がある。次に、本発明者らは、In-SITUコンディショニングを行った場合の研磨パッド表面状態変化を考察するために、In-SITUコンディショニングモデルを構築した。

【0019】図4(A)及び図4(B)は、In-SITUコンディショニングモデル図であり、(A)は研磨直前の研磨パッド表面状態、(B)は研磨中の研磨パッド表面状態をそれぞれ示す。

【0020】図4(A)を参照して、研磨開始直前においては、理想的に、研磨パッド上のトラップ（砥粒を保持する溝）が全て有効に働くとなると、研磨開始直後、研磨パッドと基板間の摩擦力 $\mu$ は、「 $\mu = n \times h \times x$ 」と表すことができる。ここで、n、h及びxは研磨パッド初期状態を表すパラメータであって、nは研磨パッド上の初期有効トラップ数、hはトラップの初期有効深さ、xはトラップの初期有効幅である。

【0021】図4(B)を参照して、研磨開始から所定時間経過後の研磨パッド上においては、基板研磨により研磨パッド屑(Pad dust)や基板研磨屑(SiO<sub>2</sub> dust)が発生する。ここで、スラリー初期濃度をSCとすると、研磨屑の発生によつて、実際に研磨に寄与するスラリー濃度は減少し、研磨開始からt時間経過後の屑濃度をD(t)とすると、研磨開始からt時間経過後の有効スラリー濃度はSC/{SC+D(t)}と表すことができる。

【0022】そして、発生した研磨屑によって、次第に研磨パッド表面のトラップが埋められていくから、研磨パッドが有するt時間経過後の有効トラップ数をn(t)とする。

【0023】ここで、In-SITUコンディショニングが行われているから、理想的には、 $A(\text{定数}) = r(t) \times n(t)$ という等式が成立すると考えられる。

【0024】従って、研磨開始からt時間経過後、研磨パッドと基板間に作用する摩擦力は $\mu(t)$ は、 $\mu(t) = r(t) \times n(t) \times h \times x = A(\text{定数}) \times h \times x$ と表すことができる。ここで、研磨中のトラップの有効深さや有効幅は、コンディショニング荷重などのコンディショニング条件によって、研磨中に変えることができる。従って、基板研磨中に実行されるコンディショニングの条件

を制御することによって、基板研磨中に研磨パッドと基板間に発生する摩擦力を制御できることが分かる。

【0025】さらに、上式と上述の図3に示した測定結果から、基板の研磨速度と研磨パッドと基板間の摩擦力との関係を求めた。図5は、研磨速度と摩擦力の関係を示すグラフである。図5に示すように、両者には高い相関関係 ( $R^2 = 0.959$ ) が存在する。よって、基板研磨中に実行されるコンディショニング条件を変えることによって、研磨手段-基板間の摩擦力、さらに基板研磨速度を制御できることが分かる。

【0026】このように研磨速度を制御することにより、研磨速度低下による遅延や研磨速度上昇による基板の損傷などが防止されて、常に一定条件で基板が研磨されるため、歩留まりが向上すると考えられる。 \*

$$I(t) = K \times \text{瞬間研磨速度} \cdots (1) \quad (K \text{ は定数})$$

【0030】

$$\Sigma I(t) = K \times \text{総研磨量} \cdots (2) \quad (K \text{ は定数})$$

【0031】上式(1)は、瞬間的なトルク電流  $I(t)$  に基づき瞬間的な研磨速度が制御可能であることを示している。また、上式(2)は、研磨工程中に流れるトルク電流  $I(t)$  の総和に基づき総研磨量が制御可能であることを示している。次に、研磨手段のコンディショニング条件と研磨速度、研磨量の関係について説明する。

【0032】図4(B)を参照して上述したように、研磨開始から  $t$  時間経過後の摩擦力  $\mu(t)$  は「下式のように表すことができる。

【0033】 \*

$$n(t) = B \times s \times v \cdots (4) \quad (B \text{ は定数})、\text{或いは } s、v \text{ を一定とすれば、} n(t) = n = B \times s \times v \cdots (4)' \quad (B \text{ は定数})。$$

【0036】但し、式(4)中、 $s$  (変数)はテーブル回転数(例えば、研磨対象を一時的退避させることにより研磨に影響を与えずに制御可能である)、 $v$  (変数)はセクタ滞留時間(スイープ時間)。なお、セクタとは研磨パッド表面を幾つかに分割した平面であり、セクタ滞留時間とはあるセクタがコンディショニングされている時間という。

【0037】

$$\text{摩擦力 } \mu(t) = \text{定数} \times f s v d \times r(t) \times n(t) \cdots (7)$$

【0042】但し、「 $f s v d$ 」は  $f$ 、 $s$ 、 $v$ 、 $d$  を変数とする関数  $F(f, s, v, d)$  を表す。

【0043】上式(7)中、 $r(t) \times n(t)$  は研磨と同時進行の In-SITU コンディショニングによって、一定と考えられるから、式(7)より下式が導かれる。

$$\mu(t) = \text{定数} \times f s v d \cdots (8)$$

【0045】なお、例えば、 $s$ 、 $v$  を一定とすれば、及び  $r(t)$  は定数と考えられるから、 ☆

$$\text{トルク電流値 } I = \text{定数} \times \mu(t) = \text{定数} \times f s v d \cdots (9)$$

【0048】上式(9)より、トルク電流値  $I$  は、コンディショニングの諸条件によって制御可能であることがわかる。よって、コンディショニングの諸条件を式(9)

\* 【0027】次に、本発明の一実施形態に係るコンディショニング条件設定方法を説明する。この実施形態においては、研磨手段として、研磨パッドが貼着された研磨テーブル、コンディショニング手段としてダイヤモンド砥石を用いて、研磨テーブルを駆動するためのモータに供給されるトルク電流(以下「研磨テーブルトルク電流」という)に基づきコンディショニング条件を設定する。

【0028】研磨テーブルトルク電流において、瞬間トルク電流  $I(t)$ 、所定期間に流れるトルク電流の総和  $\Sigma I(t)$  (或いは積分値)は、研磨速度、総研磨量と強い相関があり、下式のようにそれぞれ表すことができる。

【0029】

$$\mu(t) = r(t) \times n(t) \times h \times x \cdots (3)$$

但し、式(3)中、 $A$  (定数)  $= r(t) \times n(t)$ 、 $r(t)$  は研磨開始から  $t$  時間後の有効スラリ濃度、 $n(t)$  は研磨開始から  $t$  時間後の有効トラップ数、 $h$  はトラップの有効深さ、 $x$  はトラップの有効幅。

【0034】上記パラメータ  $n(t)$ 、 $h$ 、 $x$  は、研磨中のコンディショニング条件によって決定されるため、以下の式が成立する。

【0035】

※

$$h = C \times f \times d \cdots (5) \quad (C \text{ は定数})$$

【0038】

$$x = D \times d \cdots (6) \quad (D \text{ は定数})$$

【0039】但し、式(5)中、 $f$  はコンディショニング荷重、式(6)中、 $d$  はダイヤモンドディスクの粒径。

【0040】これらの式を用いると式(3)は以下のように変形できる。

【0041】

☆

$$\text{上述の式(4)'} \text{より } \mu(t) = \text{定数} \times f d \cdots (8)'$$

40

【0046】ここで、研磨中、研磨テーブルを一定回転数で駆動するために必要な研磨テーブルトルク電流値  $I$  と、摩擦力との間には比例関係が成り立つから、式(8)より下式が導かれる。

【0047】

☆

に基づいて変化させることによりトルク電流値  $I$ 、すなわち摩擦力を一定になるよう制御でき、その結果、研磨工程において研磨速度が一定となるように制御できると

50

とが分かる。これによって、研磨工程間（ラン間）の総研磨量の差も極小化される（安定化される）。

【0049】次に、本発明の好ましい実施の形態を説明する。

【0050】本発明の研磨装置はその好ましい実施の形態においては、トルク電流信号（図1の10）を検出し、コンディショニング制御系（図1の12）に出力するトルク電流検出手段を有し、コンディショニング制御系は、トルク電流検出手段から入力された検出信号（図1の $I_n(t)$ ）に基づき、所定期間におけるトルク電流の瞬間値又は積分値ないし総和が互いに一定となるように、コンディショニング条件を設定する設定手段を備える。

【0051】本発明の研磨装置はその好ましい実施の形態においては、上記設定手段は、トルク電流信号の変化量と、現在のコンディショニング荷重と、に基づいて、次のコンディショニング荷重を設定する。

【0052】本発明の好ましい実施の形態においては、摩擦力に実質的に比例する信号として、研磨テーブルを駆動するモータの制御信号、或いは研磨テーブルないしモータ回転数信号を用いる。例えば、研磨手段として、研磨パッドが貼着され、回転数一定制御される直流モータによって駆動される研磨テーブルを用いて、この直流モータに流れるトルク電流又はこの直流モータの制御信号に基づいてコンディショニング条件を設定する。

【0053】コンディショニング制御系は、研磨テーブルトルク電流信号が入力され、入力された信号に基づき演算を行ってコンディショニング条件を設定し、設定したコンディショニング条件に相当する制御信号を出力する回路から構成できる。

【0054】設定するコンディショニング条件として、例えば、研磨手段に対するコンディショニング手段の荷重、研磨手段（図1の研磨テーブル3）の回転数、コンディショニング手段（図1のダイヤモンドディスク5、スピンドル7）の回転数、コンディショニング時間、及びコンディショニング手段の粗さがある。コンディショニング手段として、砥石やブラシ、その他のドレッサを用いることができる。砥石の場合は砥粒の粒度、硬度など、ブラシの場合はブラシ毛の径、堅さを調整することなどによって、コンディショニング条件を変更することができる。

【0055】また、設定するコンディショニング条件として、研磨剤の供給量又は濃度、前記研磨手段上から研磨屑を吸引する強度がある。好ましくは、研磨装置に研磨パッド上の研磨屑を吸引するバキューム手段を付設し、研磨パッド上の状態、例えば有効トラップ数、有効スラリー濃度が一定となるように、研磨パッド上の研磨屑を吸引する。

【0056】また、コンディショニング条件は、研磨パッドのセクタ毎に個別に設定することが好ましい。図6

は、セクタ毎にコンディショニング条件を設定する方法を説明するための図である。同図中、添字1, 2, ..., nは研磨パッド表面を分割してなる各々のセクタ、fはコンディショニング荷重（ダイヤモンドディスク5に印加される荷重）、sは研磨テーブル回転数、vはあるセクタにおけるダイヤモンドディスク5の滞留時間を示す。図6を参照して、研磨パッドの位置、研磨する基板の部分的な性状に応じて、研磨パッド1表面をn個のセクタ1, 2, ..., nに分割し、コンディショニングパラメータ（f, s, v）をセクタ毎に設定することが好ましい。

【0057】本発明は、CMPに好適に適用され、特に、ウエハ、又はデバイスパターン、金属膜、絶縁膜などの膜種が形成された半導体基板、多層配線基板の研磨に適用される。

【0058】

【実施例】以下、図面を参照して本発明の一実施例を説明する。

【0059】[実施例1] 図1は実施例1に係る研磨装置を説明するための図である。図1を参照して、研磨パッド1が貼着された研磨テーブル3はテーブルモータ8によって回転駆動される。研磨テーブル3の回転数は付設されたエンコーダ9によって検出することができる。エンコーダ9が出力する回転数検出信号（実回転数信号）は、負帰還増幅回路11の一方の入力端子に入力され、負帰還増幅回路11の他方の参照入力端子には、研磨テーブル3の設定回転数が入力される。負帰還増幅回路11は、研磨テーブル3の実回転数と設定回転数を比較し、実回転数が設定回転数に近づくように、テーブルモータ8に供給されるトルク電流を制御する。

【0060】また、研磨パッド1の上方には、ウエハ2がキャリアを介してスピンドル7に保持されている。ウエハ2の研磨時（ラン工程）、研磨パッド1上に研磨剤を含んだスラリーが供給されると共に、研磨テーブル3及びスピンドル7が回転され、ウエハ2が研磨パッド1に押し付けられ、研磨パッド1表面のトラップに捕捉された研磨剤によって研磨される。

【0061】さらに、研磨装置は、コンディショニング制御系12を有する。コンディショニング制御系12には、不図示のトルク電流検出手段からトルク電流検出信号 $I_n(t)$ が入力される入力部、トルク電流検出信号値、トルク電流検出信号の変化量とコンディショニング荷重の変化量の関係を表す式の定数などを記憶する記憶部、トルク電流検出信号及び記憶されている定数に基づいてコンディショニング条件を演算する設定部、設定されたコンディショニング条件に応じてコンディショニング駆動手段4に制御信号を出力する出力部から構成される。コンディショニング駆動手段4は、入力した制御信号に従って、コンディショニング手段であるダイヤモンドディスク5を駆動する。研磨と同時進行で、ダイヤモ

11

ンドディスク5は、設定されたコンディショニング条件に従って、研磨パッド1表面をスweepする。

【0062】ここで、本実施例のコンディショニング条件設定原理について説明する。

【0063】上述の式(9)「トルク電流値 $I = \text{定数} \times \mu(t) = \text{定数} \times f s v d$ 」より、トルク電流値の変化量 $\Delta I$ と摩擦力の変化量 $\Delta \mu$ には比例関係があり、さらに、摩擦力の変化量はコンディショニング条件の変化量に比例する(下式(10))。

【0064】

$$\Delta I = \text{定数} \times \Delta \mu = \text{定数} \times \Delta f s v d \cdots (10)$$

【0065】式(10)において、 $s = C1$ 、 $v = C2$ 、 $d = C3$ 、すなわち $C1$ 、 $C2$ 及び $C3$ を定数とし、 $f$ のみを変数とすると、式(10)は次のように変形される。

【0066】

$$\Delta I = \text{定数} \times \Delta \mu = \text{定数} \times \Delta f \cdots (11)$$

【0067】式(11)より、 $\Delta \mu = \text{定数} \times \Delta f$ の関係が成立するようにコンディショニング荷重 $f$ の設定を行うことにより、研磨中のトルク電流値 $I$ を常に一定に制御できることが分かる。

【0068】次に、コンディショニング制御系12の動作を説明する。図7は、図1に示した研磨装置によるコンディショニング条件設定動作を説明するための図である。

【0069】図1及び図7を参照して、 $n-1$ 回目のコンディショニング荷重 $f_{n-1}$ の設定により、トルク電流値 $I_{n-1}$ は、目標トルク電流値 $I_s$ に到達しているものとする(ステップ701)。

【0070】コンディショニング制御系12は $n$ 回目のトルク電流 $I_n$ 検出を行い、 $I_n \neq I_s$ であるとする(ス

テップ702)。

【0071】コンディショニング制御系12は、新たなコンディショニング加重 $f_n$ を以下のように設定する(ステップ703)。まず、 $\Delta I = I_n - I_s$ を求める。ここで、上式(10)、(11)に基づき、 $\Delta I = \text{定数} \times \Delta D(f_{n-1}, C1, C2, C3)$ の関係式における上記定数が予め求められている。但し、「 $D$ 」は、コンディショニングパラメータを変数とする関数である。また、 $D(f_n, C1, C2, C3) - D(f_{n-1}, C1, C2, C3) = \Delta D(f_{n-1}, C1, C2, C3)$ である。そして、 $C1$ 、 $C2$ 及び $C3$ は定数であるから、 $D(f_n) - D(f_{n-1}) = \Delta D(f_{n-1})$ である。同様に、上述の式より、 $\Delta I = \text{定数} \times \Delta D(f_{n-1})$ である。これらの2式からなる連立方程式を解くことにより、新たなコンディショニング加重 $f_n$ が求められる。斯くして、トルク電流値 $I_{n-1}$ が目標トルク電流値 $I_s$ と一致するようにされる(ステップ704)。

【0072】なお、上記コンディショニングパラメータの設定方法においては、4つのパラメータがあり、そのうちの3つを固定値としたが、最初から、例えば研磨テ

12

ーブル回転数を一定として、パラメータを3つとし、そのうちの2つの固定値とすることができる。

【0073】次に、コンディショニング荷重を変えることによって、基板研磨中のトルク電流が制御できることを明らかにするために下記の実験を行った。すなわち、コンディショニング荷重20lbs又は14lbsでコンディショニングを行った後、ウエハを研磨して研磨中のトルク電流をそれぞれ測定した。図8はコンディショニング荷重20(lbs)の場合、図9はコンディショニング荷重14(lbs)とした場合、コンディショニング直後のラン(ウエハ研磨工程)におけるトルク電流の経時変化を示すグラフである。なお、このランにおいては、研磨中にコンディショニングを行っていない。その他の実験条件は、実施の形態の欄に前掲したとおりである。

【0074】図8と図9を対比して、コンディショニング荷重を大きくすることにより、直後のランにおける最高トルク電流値が高くなっている。よって、コンディショニング荷重の制御によって、In-SITUコンディショニングにおいてもトルク電流が一定に制御できることが分かる。

【0075】さらに、上記実験において、研磨開始から所定時間経過後のウエハ厚みを測定し研磨速度を求めた。図10に、コンディショニング荷重と、コンディショニング直後のランにおける研磨速度の関係を示す。図10中、白丸は研磨装置の左側ヘッドに取り付けたウエハ、黒丸は右側に取り付けたウエハによるデータである。

【0076】図10より、コンディショニング荷重を大きくすることにより、研磨速度が高くなっている。よって、コンディショニング荷重の制御によって、研磨速度が一定に制御できることが分かる。

【0077】なお、図10を参照して、左側と右側ヘッドでウエハの研磨速度が異なっている。このようなヘッド取り付け位置を考慮して、研磨パッドのセクタ毎にコンディショニング条件を設定することが好ましい。

【0078】【実施例2】実施例1においては、コンディショニング荷重を変数としたが、実施例2においてはコンディショニング中の研磨テーブル回転数を変数とする。そこで、その他のコンディショニング条件を一定として、コンディショニング中の研磨テーブル回転数と、コンディショニング後のランにおけるウエハ研磨速度の関係を調べるための実験を行った。なお、この実験においては、研磨中にコンディショニングを行っていない。その他の実験条件は、実施の形態の欄に前掲したとおりである。コンディショニング中の研磨テーブル回転数以外の実験条件は実施例1と同様であり、実験結果を図11に示す。

【0079】図11より、コンディショニング中の研磨テーブル回転数と、コンディショニングのウエハ研磨速度には、ほぼ一定の比例関係があり、例えば、研磨対象

であるウエハ2（図1参照）を一時的に退避させ、コンディショニング中の研磨テーブル回転数を変えることによって、ウエハ研磨速度を一定に制御できることが分かる。また、ウエハ研磨速度とトルク電流値は比例するから、コンディショニング中の研磨テーブル回転数を変えることによって、トルク電流値を一定に制御できることが分かる。

【0080】【実施例3】前記実施例1及び前記実施例2においては、トルク電流の瞬間値がラン間で一定となるように制御するが、この実施例3においてはトルク電流を所定期間毎に積分し（ないしトルク電流値の総和をとる）、各期間のトルク電流積分値が一定となるように制御を行う。

【0081】まず、予備実験として、コンディショニング荷重を一定（15 lbs）として、In-SITUコンディショニングを行った。これ以外の実験条件は、上述の実験の条件と同様である。

$$\text{期間中の総研磨量} = \int I(t) dt = \text{定数} \times \int f s v d \times r(t) \times n(t) dt \cdots (12)$$

【0087】In-SITUコンディショニングの場合、 $r(t) \times n(t)$ ないし $r(t)$ が一定とみなすことができるから、所定期間中の総研磨量は“ $\int f s v d$ ”の関数であるよって、研磨中のコンディショニング条件（ $f$ ,  $s$ ,  $v$ ,  $d$ ）を変えることによって、期間中の研磨トルク電流値の総和、すなわち期間中の総研磨量を制御可能であることが分かる。また、実施例3のコンディショニング条件設定方法は、例えば、研磨中のトルク電流の変化がリニアではない場合、研磨中に研磨表面状態が変化するようなもの（デバイスパターン）でも、研磨状態を一定に保つことができる。

【0088】

【発明の効果】本発明の第1の効果は、研磨中に同時にコンディショニングを行うIn-SITUコンディショニングにおいて、研磨手段の状態を一定に保つことができることである。

【0089】第2の効果は、ロッドのバラツキや製品パターンのバラツキの影響が低減された研磨が行われることである。

【0090】第3の効果は、研磨中のパターン変化に対しても常に一定の研磨手段状態が維持され、研磨速度が経時的に安定化されることである。

【0091】第4の効果は、コンディショニング条件設定のためのパイロット作業を、製品の研磨工程と製品の研磨工程の間（ラン間）に挿入する必要がないことである。その理由は、製品となる基板の研磨と同時進行でコンディショニングの条件を設定するための情報が得られるためである。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例に係る研磨装置を示す図である。

\*【0082】図12及び図13は、このIn-SITUコンディショニングの実験結果を説明するためのグラフであり、図12は、In-SITUコンディショニングにおいて、コンディショニング荷重を一定とした場合の、研磨速度の経時変化を示すグラフであり、図13は、In-SITUコンディショニングにおいて、コンディショニング荷重を一定とし、研磨テーブル回転速度が一定となるように制御した場合の、研磨テーブルトルク電流の経時変化を示すグラフである。

【0083】図12及び図13を参照すると、コンディショニングパラメータの制御を行わない場合、研磨テーブルトルク電流の変化に応じて、研磨速度が変化することが分かる。

【0084】次に、実施例3を説明する。

【0085】上述の式(1)、(2)、(7)より次式が導かれる。

\*【0086】

【図2】In-SITUコンディショニングによる研磨シーケンス図である。

【図3】研磨工程における研磨速度の経時変化を説明するためのグラフである。

【図4】(A)及び(B)は、In-SITUコンディショニングモデル図であり、(A)は研磨直前の研磨パッド表面状態、(B)は研磨中の研磨パッド表面状態をそれぞれ示す。

【図5】研磨速度と摩擦力の関係を示すグラフである。

【図6】研磨パッドのセクタ毎にコンディショニング条件を設定する方法を説明するための図である。

【図7】本発明の一実施例に係る研磨装置の動作を説明するための図である。

【図8】コンディショニング後（コンディショニング荷重20 lbs）の研磨工程において、研磨経過時間とトルク電流の関係を示すグラフである。

【図9】コンディショニング後（コンディショニング荷重14 lbs）の研磨工程において、研磨経過時間とトルク電流の関係を示すグラフである。

【図10】コンディショニング荷重と研磨速度の関係を示すグラフである。

【図11】コンディショニング時の研磨テーブル回転数と、コンディショニング後の研磨速度の関係を示すグラフである。

【図12】In-SITUコンディショニングにおいて、コンディショニング荷重を一定とした場合の、研磨速度の経時変化を示すグラフである。

【図13】In-SITUコンディショニングにおいて、コンディショニング荷重を一定とし、研磨テーブル回転速度が一定となるように制御した場合の、研磨テーブルトルク電流の経時変化を示すグラフである。



15

16

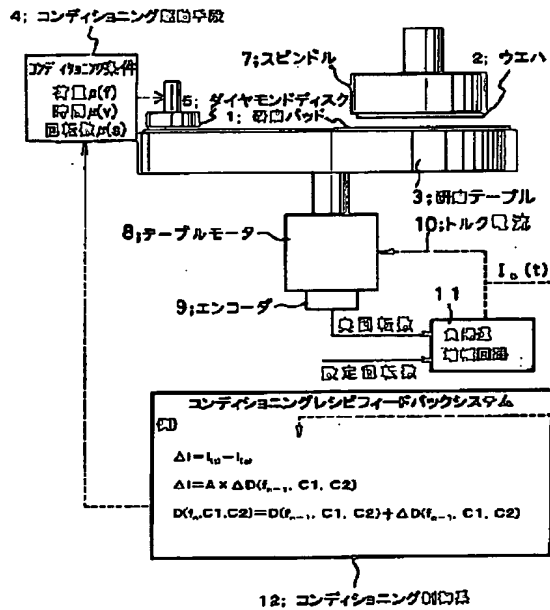
【図14】(A)及び(B)は、従来の研磨装置を説明するための図であり、(A)は正面図、(B)は上面図である。

【符号の説明】

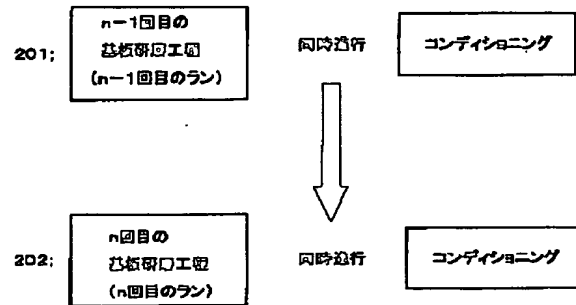
- 1 研磨パッド  
2 ウエハ（基板）  
3 研磨テーブル  
4 コンディショニング駆動手段

- \* 5 ダイヤモンドディスク（砥石）  
6 スラリー供給手段  
7 スピンドル  
8 テーブルモータ  
9 エンコーダ  
10 トルク電流  
11 負帰還増幅回路  
\* 12 コンディショニング制御系

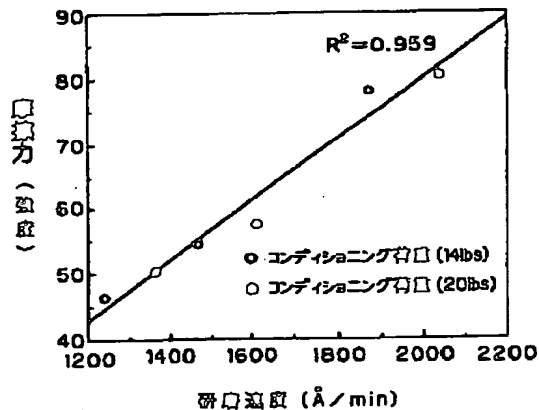
【図1】



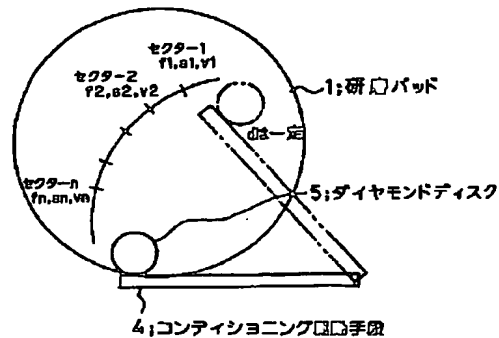
【図2】



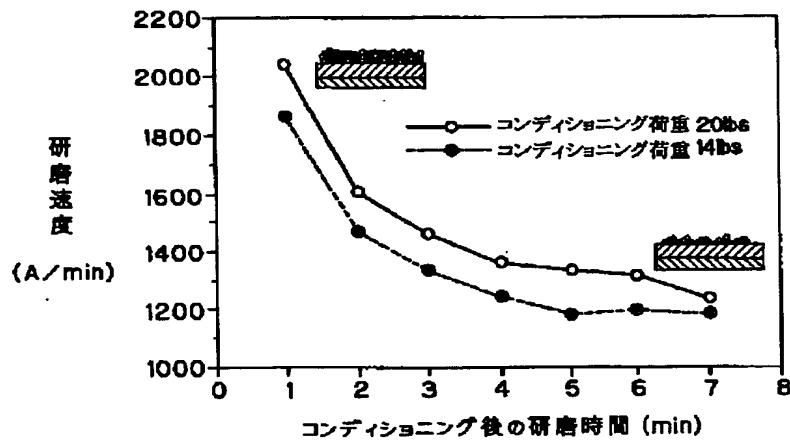
【図5】



【図6】



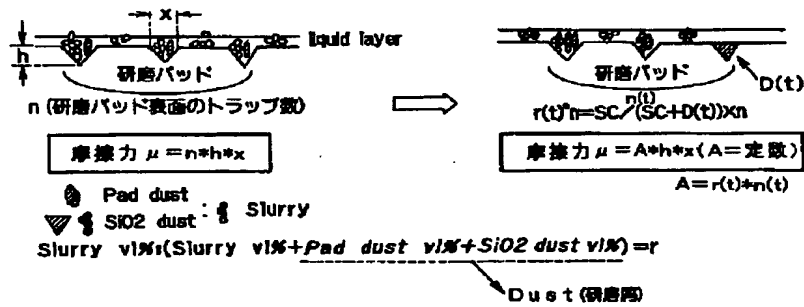
【図3】



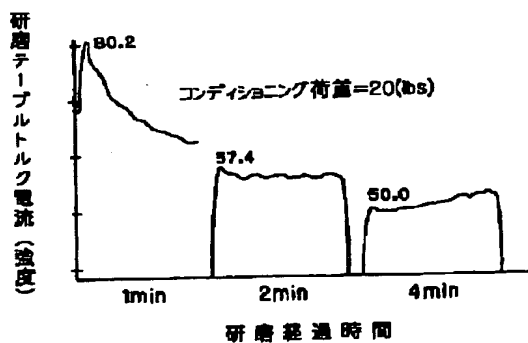
【図4】

(A) 研磨前 (コンディショニング後)

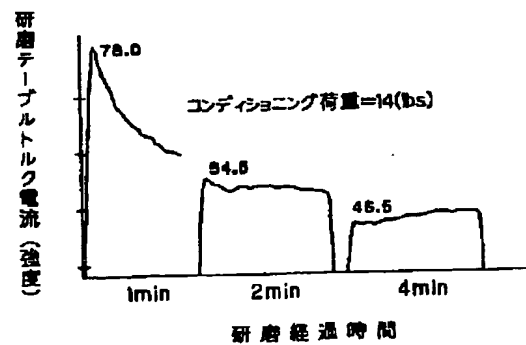
(B) 研磨中



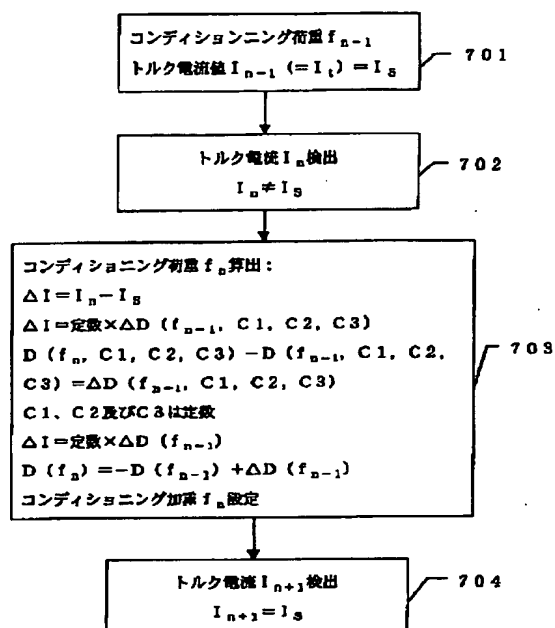
【図8】



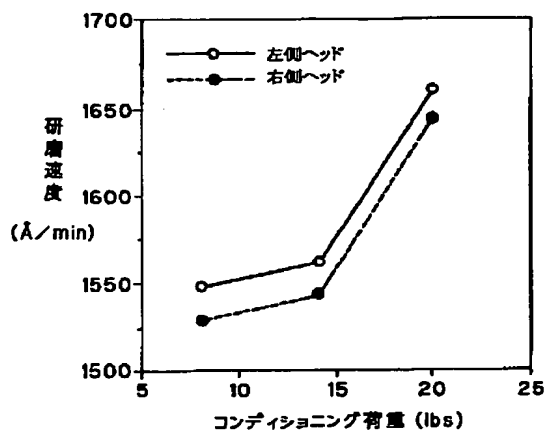
【図9】



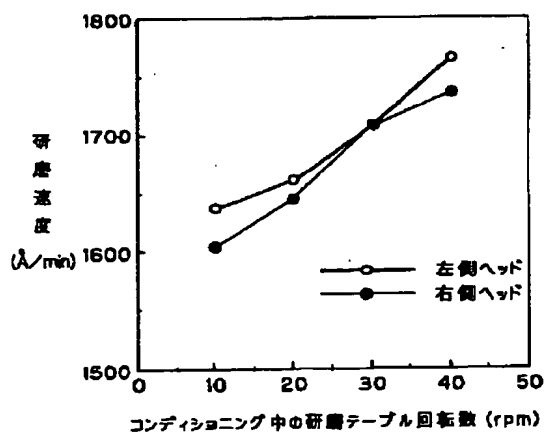
【図7】



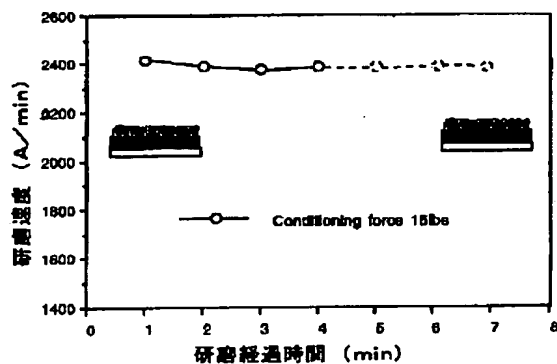
【図10】



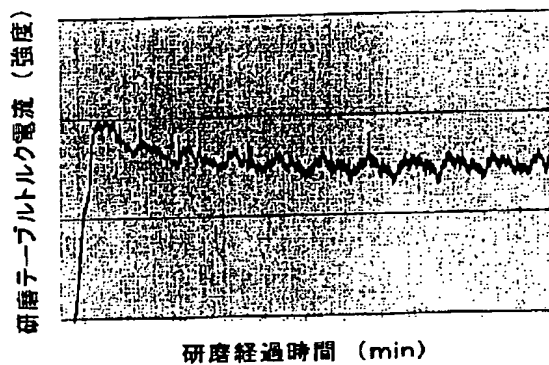
【図11】



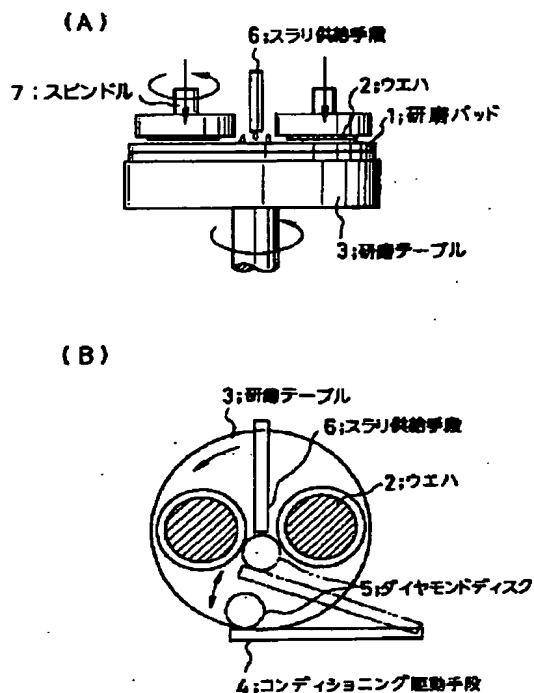
【図12】



【図13】



【図14】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開 平10-315124 (J P, A)  
特開 平10-15807 (J P, A)

(58)調査した分野(Int.Cl.<sup>7</sup>, D B名)

B24B 37/00

H01L 21/304 622

BEST AVAILABLE COPY